

RU 98/00415



REC'D 22 APR 1999

WIPO

PCT

ESTV

09/367543



РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ  
(РОСПАТЕНТ)

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ ПРОМЫШЛЕННОЙ СОБСТВЕННОСТИ

рег.No 20/14-102

22 марта 1999 г

## СПРАВКА

Федеральный институт промышленной собственности Российского Агентства по патентам и товарным знакам настоящим удостоверяет, что приложенные материалы являются точным воспроизведением первоначального описания, формулы и чертежей (если имеются) заявки на выдачу патента на изобретение N 98101616, поданной в январе месяце 12 дня 1998 года.

**Название изобретения:** Оптический поляризатор.

**Заявитель (и):** МИРОШИН Александр Александрович.

**Действительный авторы:** БЕЛЯЕВ Сергей Васильевич,  
МАЛИМОНЕНКО Николай Владимирович,  
МИРОШИН Александр Александрович.

## PRIORITY DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



Уполномоченный заверить копию  
заявки на изобретение

Г.Ф.Востриков  
Заведующий отделом

## Оптический поляризатор

Изобретение относится к оптике, а именно к оптическим поляризаторам, которые могут быть использованы в жидкокристаллических дисплеях, в поляризационных очках, в автомобилях и других средствах передвижения, а также в стеклах для строительства, в осветительной аппаратуре, в оптическом приборостроении.

Используемые в настоящее время дихроичные оптические поляризаторы представляют собой ориентированную одноосным растяжением полимерную пленку, окрашенную в массу дихроичными органическими красителями или соединениями иода. В качестве полимера используют в основном поливиниловый спирт (ПВС) [1]. Иодные поляризаторы на основе ПВС, окрашенного иодом, имеют наиболее высокие поляризационные характеристики и находят широкое применение в производстве жидкокристаллических индикаторов для часов и калькуляторов, экранов для портативных компьютеров и т.п.

При прохождении неполяризованного света через дихроичный оптический поляризатор [1] одна линейно-поляризованная компонента, плоскость колебаний которой параллельна оси поглощения практически полностью поглощается. Другая ортогональная линейно-поляризованная компонента, т.е. та, в которой плоскость колебаний перпендикулярна оси поглощения, проходит через оптический поляризатор, испытывая значительно меньшее поглощение. Таким образом, осуществляется поляризация проходящего света. Иодные поляризаторы представляют собой многослойные пленки, которые включают наряду с поляризующим слоем также армирующие, клеевые и защитные слои.

Недостатками указанных пленочных дихроичных поляризаторов наряду со сравнительно высокой стоимостью, обусловленной сложностью их изготовления, является их низкая термо- и светостойкость.

Аналогом заявляемого оптического поляризатора может служить также дихроичный поляризатор света (ДПС), представляющий собой подложку с нанесенной на

нее тонкой пленкой молекулярно упорядоченного слоя дихроичных красителей, представляющих собой сульфокислоты или их неорганические соли азо- и полициклических соединений или их смеси, которые способны к образованию стабильной лиотропной жидкокристаллической фазы, что позволяет получать на их основе стабильные лиотропные жидкие кристаллы (ЛЖК) и композиции на их основе [ 2 ].

Для изготовления известного поляризатора [2] на поверхность подложки наносят красители при их одновременном механическом ориентировании с последующим испарением растворителя. При этом на поверхности подложки образуется пленка толщиной 0.1-1.5 мкм молекулярно упорядоченного слоя красителя - поляризующее покрытие, способное поляризовать свет.

Известный поляризатор [2] обладает более высокой термо- и светостойкостью по сравнению с иодными поляризаторами, однако имеет более низкие поляризационные характеристики.

Известны также оптические поляризаторы, "работающие" за счет других физических явлений, например, за счет разного коэффициента отражения света, имеющего различные поляризации. Поляризаторы такого типа называются отражательными, в них используются явления поляризации света как при падении и отражении световых пучков от поверхности любых диэлектрических материалов под наклонными углами, близкими к углу Брюстера, так и при нормальном (перпендикулярном к поверхности) падении и отражении света от поверхности двулучепреломляющих материалов. Улучшение поляризующих свойств достигается при использовании многослойных конструкций отражательных поляризаторов.

Наиболее близким по технической сущности является известный оптический поляризатор [3], включающий по крайней мере один двулучепреломляющий слой с толщиной, при которой реализуется интерференционный экстремум на выходе оптического поляризатора по крайней мере для одной линейно-поляризованной компоненты света. Такой поляризатор включает чередующиеся слои двух *прозрачных* (непоглощающих в диапазоне рабочих длин волн) полимерных материалов, по крайней мере один из которых двулучепреломляющий. Двулучепреломление в указанном полимерном материале образуется при вытяжке пленки, изготовленной из этого материала, в одном направлении в 2-10 раз. Другой слой полимерного материала, чередующийся послойно с двулучепреломляющим слоем, является оптически

изотропным. Обыкновенный показатель преломления двулучепреломляющего слоя равен показателю преломления оптически изотропного слоя. Необыкновенный показатель преломления двулучепреломляющего слоя отличается от показателя преломления оптически изотропного слоя.

Принцип работы известного оптического поляризатора заключается в следующем. Одна линейно-поляризованная компонента неполяризованного света, которой соответствует необыкновенный (большой) показатель преломления двулучепреломляющего слоя, существенно отражается от многослойного оптического поляризатора за счет различия показателей преломления на границах двулучепреломляющего и оптически изотропного полимерных слоев. При толщинах слоев порядка длины волны света, световые лучи, отраженные от границ слоев, интерферируют друг с другом. При соответствующем подборе толщин слоев и их показателей преломления оптическая разность хода между волнами, отраженными от границ слоев, составляет целое число длин волн, т.е. результатом интерференции отраженных волн будет интерференционный максимум, приводящий к их взаимному усилению. В этом случае отражение линейно-поляризованной компоненты неполяризованного света, которой соответствует необыкновенный (большой) показатель преломления двулучепреломляющего слоя, значительно усиливается.

Обыкновенный (меньший) показатель преломления двулучепреломляющего слоя выбирается существенно равным показателю преломления оптически изотропного полимерного слоя, т.е. нет различия (скачков) показателей преломления на границах двулучепреломляющего и оптически изотропного полимерных слоев. Поэтому другая линейно-поляризованная компонента падающего неполяризованного света, которой соответствует обыкновенный (меньший) показатель преломления двулучепреломляющего слоя, проходит через многослойный оптический поляризатор полностью, без каких-либо отражений.

Таким образом, при падении неполяризованного света на известный оптический поляризатор одна линейно-поляризованная компонента отражается, а другая линейно-поляризованная компонента проходит через оптический поляризатор, т.е. происходит поляризация света как для проходящего, так и для отраженного света.

Известный оптический поляризатор [3] является комбинированным и содержит также дополнительно дихроичный поляризатор со слабыми поглощением и дихроизмом,

оптически позиционированный с отражательным оптическим поляризатором. Роль дополнительного дихроичного поляризатора, ось пропускания которого параллельна оси пропускания отражательного оптического поляризатора, сводится к устранению отражений внешнего света при работе комбинированного оптического поляризатора “на просвет”.

Одним из недостатков известного оптического поляризатора является сравнительно сильная спектральная зависимость его оптических характеристик, т.е. зависимость поляризующей способности и коэффициента отражения (и пропускания) от длины волны поляризуемого света. Этот недостаток обусловлен тем, что показатели преломления в используемых материалах убывают при увеличении длины волны поляризуемого света.

Другим недостатком известного оптического поляризатора [3] является необходимость использования большого количества чередующихся слоев, обусловленная тем, что максимальная величина двулучепреломления (разница между необыкновенным и обыкновенным показателем преломления двулучепреломляющего материала) в прозрачных полимерных материалах мала и обычно не превышает 0,1-0,2. Поэтому коэффициент отражения от границ слоев мал, и для получения высокого отражения в целом от оптического поляризатора необходимо использовать большое количество (100-600) слоев, нанесение которых представляет огромной сложности задачу и требует специального прецизионного оборудования.

Вторая причина необходимости использования большого количества слоев в оптическом поляризаторе по прототипу заключается в следующем. Для поляризации света в широком диапазоне длин волн в многослойном покрытии нужно иметь много пар чередующихся слоев или групп пар с разными толщинами с целью “настройки” каждой группы пар на “свою” длину волны из широкого спектрального интервала.

Тем не менее, даже при использовании большого количества групп пар слоев, каждая из которых настроена на свою длину волны, оптические характеристики известного оптического поляризатора сравнительно сильно зависят от длины волны поляризуемого света.

Задачей изобретения является создание оптического поляризатора, обеспечивающего высокие поляризационные характеристики в широкой спектральной области при использовании количества слоев не более 10.

Поставленная задача решается в оптическом поляризаторе, отличающимся тем, что по крайней мере один двулучепреломляющий слой является анизотропно поглощающим и имеет по крайней мере один показатель преломления, возрастающий при увеличении длины волны поляризуемого света по крайней мере в некотором диапазоне из рабочих длин волн.

Существенным признаком изобретения является по крайней мере один двулучепреломляющий слой с толщиной, при которой реализуется интерференционный экстремум на выходе оптического поляризатора по крайней мере для одной линейно-поляризованной компоненты света. Толщина двулучепреломляющего слоя выбирается также в зависимости от типа материала, используемого для изготовления слоя.

Отличительным признаком изобретения является по крайней мере один анизотропно поглощающий двулучепреломляющий слой, который имеет по крайней мере один показатель преломления, возрастающий при увеличении длины волны поляризуемого света. При этом, во-первых, значительно увеличивается величина по крайней мере одного показателя преломления и резко уменьшается необходимое количество слоев. Во-вторых, значительно уменьшается и оптимальном варианте полностью устраняется зависимость условий получения интерференционных экстремумов (максимумов и минимумов) от длины волны света, что обеспечивает высокие поляризационные характеристики оптического поляризатора в широкой спектральной области.

Вариантами выполнения оптического поляризатора по изобретению, отличающегося тем, что по крайней мере один двулучепреломляющий слой является анизотропно поглощающим и имеет по крайней мере один показатель преломления, возрастающий при увеличении длины волны поляризуемого света по крайней мере в некотором диапазоне из рабочих длин волн, являются:

1. Оптический поляризатор, отличающийся тем, что по крайней мере один анизотропно поглощающий двулучепреломляющий слой изготовлен из материала, выбранного из числа низкомолекулярных термотропных жидкокристаллических веществ или их смесей, представляющих собой дихроичные красители или содержащих в качестве компоненты жидкокристаллические и/или нежидкокристаллические дихроичные красители.

2. Оптический поляризатор, отличающийся тем, что по крайней мере один анизотропно поглощающий двулучепреломляющий слой изготовлен из материала, выбранного из числа полимерных термотропных жидкокристаллических или нежидкокристаллических веществ или их смесей, содержащих растворенные в массе и/или химически связанные с полимерной цепью дихроичные красители, и имеет толщину менее 0,2 мкм.

3. Оптический поляризатор, отличающийся тем, что по крайней мере один анизотропно поглощающий двулучепреломляющий слой представляет собой ориентированную пленку нежидкокристаллических полимерных материалов с регулируемой степенью гидрофильности, окрашенных дихроичными красителями и/или соединениями иода.

4. Оптический поляризатор, отличающийся тем, что по крайней мере один анизотропно поглощающий двулучепреломляющий слой сформирован из дихроичных органических красителей полимерного строения.

5. Оптический поляризатор, отличающийся тем, что по крайней мере один анизотропно поглощающий двулучепреломляющий слой представляет собой ориентированный молекулярно упорядоченный слой органических солей дихроичных анионных красителей.

6. Оптический поляризатор, отличающийся тем, что по крайней мере один анизотропно поглощающий двулучепреломляющий слой представляет собой ориентированный молекулярно упорядоченный слой толщиной менее 0.1 мкм дихроичных красителей, способных к образованию лиотропной жидкокристаллической фазы.

7. Оптический поляризатор, отличающийся тем, что по крайней мере один анизотропно поглощающий двулучепреломляющий слой представляет собой ориентированный молекулярно упорядоченный слой толщиной менее 0.1 мкм дихроичных красителей полимерного строения, способных к образованию лиотропной жидкокристаллической фазы.

8. Оптический поляризатор, отличающийся тем, что по крайней мере один анизотропно поглощающий двулучепреломляющий слой представляет собой ориентированный молекулярно упорядоченный слой толщиной менее 0.1 мкм

дихроичных красителей или их смесей, способных к образованию стабильной лиотропной жидкокристаллической фазы.

Перечисленными вариантами не ограничиваются возможности использования других материалов для формирования анизотропно поглощающих двулучепреломляющих слоев для предлагаемого оптического поляризатора.

Анизотропно поглощающий двулучепреломляющий слой в предлагаемом оптическом поляризаторе может быть как твердым, так и жидким.

Использование по крайней мере одного анизотропно поглощающего двулучепреломляющего слоя хотя и вызывает небольшие потери света в оптическом поляризаторе, однако эти потери малы, особенно в слоях толщиной менее 0,1 мкм, и достигаемый технический результат - обеспечение высоких поляризационных характеристик в широкой спектральной области при использовании количества слоев не более 10 - компенсирует эти потери.

Выбор методов изготовления оптического поляризатора по изобретению зависит от вида материалов, используемых для анизотропно поглощающих двулучепреломляющих и других слоев, и не влияет на суть изобретения.

Для формирования анизотропно поглощающих двулучепреломляющих слоев, могут быть применены следующие стандартные способы: нанесение валиком, ракельным ножом, ракелем в форме невращающегося цилиндра, нанесение с помощью щелевой фильеры и другие. В ряде случаев после нанесения слой подвергается сушке с целью удаления растворителей. В других случаях, например для термопластичных полимерных материалов и стеклющихся материалов, нанесенный слой охлаждается после нанесения.

Другими методами, которые можно использовать для получения анизотропно поглощающих двулучепреломляющих слоев из материалов, образующих в процессе нанесения жидкокристаллической фазу, является нанесение этого материала на подложку, изначально подготовленную для ориентации жидкокристаллической фазы [4]. Одним из таких методов служит однонаправленное натирание подложки или предварительно нанесенного на нее тонкого полимерного слоя, известное и применяемое для ориентации термотропных низкомолекулярных жидкокристаллических смесей при изготовлении ЖК-дисплеев.

Еще один метод получения анизотропно поглощающих двулучепреломляющих слоев - это известный метод фотоориентации предварительно нанесенного тем или иным



способом слоя с помощью облучения его линейно-поляризованным ультрафиолетовым светом.

Для нанесения анизотропно поглощающих двулучепреломляющих слоев из термотропных полимерных материалов могут быть применены экструдеры, в том числе имеющие несколько плоских фильер и позволяющие наносить за один проход сразу несколько слоев разных полимерных материалов требуемой толщины.

Здесь и далее под понятием свет и “оптический” (поляризатор) имеется в виду электромагнитное излучение видимого, ближнего ультрафиолетового и ближнего инфракрасного диапазонов длин волн, т.е. диапазона от 250-300 нанометров до 1.000-2.000 нанометров (от 0,25-0,3 до 1-2 микрометров).

Здесь и далее говорится про плоский слой исключительно для простоты понимания. Без потери общности мы имеем в виду также оптический поляризатор, имеющий слои различной формы: цилиндрические, сферические и других более сложных форм. Кроме того, предлагаемый оптический поляризатор может быть выполнен как конструкционно единым и изолированным, так и нанесенным на различные подложки или между подложками.

Двулучепреломляющими называют слои, имеющие по крайней мере два различных показателя преломления: необыкновенный  $n_e$  для одной линейно-поляризованной компоненты света и обыкновенный  $n_o$  для другой ортогональной линейно-поляризованной компоненты света. Величина  $\Delta n = n_e - n_o$  называется анизотропией показателя преломления или, проще, оптической анизотропией. Здесь и далее полагается, что оптические оси, которым соответствуют необыкновенный и обыкновенный показатели преломления ортогональны и расположены в плоскости слоя. Оптическая ось, которой соответствует необыкновенный показатель преломления  $n_e$ , выделена тем или иным способом. Например, этой осью может быть направление вытяжки слоя полимерного материала или директор в ориентированном нематическом жидком кристалле. Такой двулучепреломляющий слой в смысле кристаллооптики соответствует оптически одноосной пластинке, вырезанной параллельно главной оси. Здесь и далее рассматриваются для примера оптически положительные двулучепреломляющие слои, в

которых  $n_e > n_o$ . Без потери общности все выводы относятся также к оптически отрицательным двулучепреломляющим слоям, в которых  $n_e < n_o$ .

В более общем случае, например для оптически двуосных слоев, существуют три различных показателя преломления  $n_x = n_e$ ,  $n_y = n_o$ ,  $n_z$ . Показатель преломления  $n_x$  соответствует направлению колебаний в световой волне, параллельному плоскости слоя и направленному вдоль выделенного тем или иным способом направления  $X$  в плоскости слоя,  $n_y$  - направлению  $Y$  колебаний в световой волне, также параллельному плоскости слоя, но перпендикулярному направлению  $X$ ,  $n_z$  - направлению  $Z$  колебаний в световой волне, перпендикулярному плоскости слоя. В зависимости от способа изготовления двулучепреломляющих слоев и типа используемых материалов соотношение величин показателей преломления  $n_x$ ,  $n_y$ ,  $n_z$  может быть различным.

По крайней мере один анизотропно поглощающий двулучепреломляющий слой в предлагаемом оптическом поляризаторе может иметь один, два или все три показателя преломления, возрастающие при увеличении длины волны поляризуемого света по крайней мере в некотором диапазоне из рабочих длин волн.

Наиболее предпочтительно использовать оптический поляризатор по изобретению, отличающийся тем, что по крайней мере один анизотропно поглощающий двулучепреломляющий слой имеет по крайней мере один показатель преломления, прямо пропорциональный длине волны поляризуемого света по крайней мере в некотором диапазоне из рабочих длин волн. Например, если в формуле  $2dn_e = m\lambda$  (где  $d$  - толщина анизотропно поглощающего двулучепреломляющего слоя,  $m$  - порядок интерференции), соответствующей условию интерференционного максимума, необыкновенный показатель преломления  $n_e$  будет прямо пропорционален длине волны света, т.е.  $n_e = A\lambda$  (где  $A$  - коэффициент пропорциональности), то длина волны "сокращается", а это означает, что условие, в данном случае интерференционного максимума, выполняется для всех длин волн и, более того, для всех порядков интерференции, т.е. для всех значений  $m$ . Сверх того, при другой толщине слоя этого же материала можно аналогично получить независимость от длины волны света условия интерференционного минимума. Прямая пропорциональность показателя преломления длине волны света является более строгим

требованием (условием), чем простое возрастание показателя преломления при увеличении длины волны света.

Предпочтительным по изобретению является оптический поляризатор, отличающийся тем, что по крайней мере один анизотропно поглощающий двулучепреломляющий слой имеет максимальную величину по крайней мере одного показателя преломления не менее 1,9. При этом необходимое число слоев не превышает 10, а спектральная область с высокими поляризационными характеристиками расширяется более, чем в три раза по сравнению с прототипом.

Эксперименты и оценки показали также, что предпочтительным является оптический поляризатор, отличающийся тем, что по крайней мере один анизотропно поглощающий двулучепреломляющий слой имеет максимальный показатель поглощения не менее 0,1 в диапазоне рабочих длин волн.

Оптимальным является оптический поляризатор, отличающийся тем, что толщины анизотропно поглощающих двулучепреломляющих слоев выбираются из условия получения на выходе оптического поляризатора интерференционного минимума для одной линейно-поляризованной компоненты света и, одновременно, интерференционного максимума для другой ортогональной линейно-поляризованной компоненты света. Действительно, особенностью двулучепреломляющих слоев является сам факт существования по крайней мере двух различных по значению показателей преломления, например,  $n_x$  и  $n_y$ , соответствующих осям X и Y, расположенным в плоскости слоя. Благодаря этому факту, можно выбрать толщину слоя и порядок интерференции (число  $m$ ) так, чтобы на выходе оптического поляризатора получался интерференционный минимум для одной линейно-поляризованной компоненты и, одновременно, интерференционный максимум для другой ортогональной линейно-поляризованной компоненты света. Интерференционный минимум может соответствовать обыкновенному показателю преломления, при этом интерференционный максимум обусловлен, соответственно, необыкновенным показателем преломления. Возможна также обратная ситуация, когда интерференционный минимум соответствует необыкновенному показателю преломления, при этом интерференционный максимум обусловлен, соответственно, обыкновенным показателем преломления.

Предпочтителен также оптический поляризатор, отличающийся тем, что он содержит по крайней мере два слоя, по крайней мере один из которых анизотропно

поглощающий двулучепреломляющий слой, а другой слой оптически изотропный, причем один показатель преломления двулучепреломляющего слоя максимально отличается от показателя преломления оптически изотропного слоя, а другой показатель преломления анизотропно поглощающего двулучепреломляющего слоя совпадает или максимально близок с показателем преломления оптически изотропного слоя.

В этом варианте одна линейно-поляризованная компонента падающего неполяризованного света, которой соответствует необыкновенный (большой) показатель преломления анизотропно поглощающего двулучепреломляющего слоя, существенно отражается от многослойного оптического поляризатора за счет различия показателей преломления на границах слоев. При соответствующем подборе толщин слоев и их показателей преломления оптическая разность хода между волнами, отраженными от границ одного и того же анизотропно поглощающего двулучепреломляющего слоя, составляет целое число длин волн, т.е. результатом их интерференции будет интерференционный максимум, приводящий к взаимному усилению отраженных волн. При этом оптические толщины слоев оптически изотропного материала могут быть как значительно больше длины волны, так и порядка длины волны. В результате отражение линейно-поляризованной компоненты неполяризованного света, которой соответствует необыкновенный (большой) показатель преломления анизотропно поглощающих двулучепреломляющих слоев значительно усиливается.

Обыкновенный (меньший) показатель преломления анизотропно поглощающих двулучепреломляющих слоев совпадает или максимально близок показателю преломления оптически изотропного слоя, т.е. нет различия (скачков) показателей преломления на границах слоев. Поэтому другая линейно-поляризованная компонента падающего неполяризованного света, которой соответствует обыкновенный (меньший) показатель преломления анизотропно поглощающего двулучепреломляющего слоя, проходит через многослойный оптический поляризатор полностью, без каких-либо отражений.

Другим вариантом по изобретению служит оптический поляризатор, отличающийся тем, что он содержит по крайней мере два различных двулучепреломляющих слоя, по крайней мере один из которых анизотропно поглощающий двулучепреломляющий слой, причем один показатель преломления анизотропно поглощающего двулучепреломляющего слоя максимально отличается от одного показателя преломления другого двулучепреломляющего слоя, а другой

показатель преломления анизотропно поглощающего двулучепреломляющего слоя совпадает или максимально близок с другим показателем преломления другого двулучепреломляющего слоя.

Большое влияние на результат интерференции оказывает соотношение интенсивностей, а значит и амплитуд электрических полей интерферирующих лучей. Известно, что минимальное значение интенсивности в интерференционном минимуме (теоретически равное нулю) может быть получено в случае их равенства. Поэтому целесообразно обеспечить максимально достижимое выравнивание амплитуд интерферирующих лучей для условий интерференционного минимума, что обеспечивает максимальное "гашение" лучей соответствующей компоненты неполяризованного света. Для получения оптимального результата интерференции для условий интерференционного максимума необходимо увеличивать коэффициенты отражения от каждой границы слоев.

Предлагаемый оптический поляризатор может быть выполнен, как комбинированным, т.е. работающим как "на отражение", так и "на пропускание", так и для работы только "на отражение". В этих случаях вариантом выполнения является оптический поляризатор, отличающийся тем, что на одну его сторону дополнительно нанесено светоотражающее покрытие. Предпочтительным является оптический поляризатор, отличающийся тем, что светоотражающее покрытие выполнено металлическим. Нанесение светоотражающего покрытия позволяет также выбирать оптимальные для интерференции коэффициенты отражения от границ оптического поляризатора.

При нанесении оптического поляризатора на подложку первым со стороны подложки может быть нанесено как светоотражающее покрытие (зеркало полностью или частично отражающее), так и сам оптический поляризатор.

Отражающее покрытие может быть выполнено как из металла, так и в виде многослойных диэлектрических зеркал из чередующихся слоев материалов с высоким и низким показателями преломления.

Металлические покрытия достаточно просто наносятся, например термическим испарением в вакууме, но при этом в них имеет место поглощение света, что уменьшает пропускание (отражение) оптического поляризатора. Для получения отражающих

металлических покрытий могут использоваться алюминий (Al), серебро (Ag) и другие металлы.

В случае многослойных диэлектрических зеркал поглощение света в них отсутствует, но процесс их нанесения довольно сложен и трудоемок. Для этих покрытий могут использоваться  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{ZnS}$ ,  $\text{ZnSe}$ ,  $\text{ZrO}_2$ , криолит и полимеры в качестве материалов с высоким показателем преломления, а в качестве материалов с низким показателем преломления -  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaF}_2$ ,  $\text{BaF}_2$ ,  $\text{MgF}_2$ ,  $\text{AlN}$ ,  $\text{BN}$  или полимеры.

Для нанесения отражающих покрытий на подложку или на оптический поляризатор могут быть применены следующие стандартные способы: термическое испарение в вакууме, нанесение в парах с последующей термической обработкой, магнетронное распыление и другие.

В качестве материала подложки, на которую может быть нанесен оптический поляризатор, работающий на "просвет" и, возможно, дополнительно на "отражение", могут быть использованы любые материалы, прозрачные в диапазоне рабочих длин волн, например, кварц, стекло, полимеры и другие.

В качестве материала подложки, на которую может быть нанесен оптический поляризатор, работающий только на "отражение" наряду с материалами, прозрачными в диапазоне рабочих длин волн, например, кварц, стекло, полимеры и могут быть использованы также любые другие материалы, непрозрачные в диапазоне рабочих длин волн, например, металлы, полупроводниковые материалы, ситаллы, пластмассы и другие.

Изобретение иллюстрируется отдельными примерами конкретного выполнения на фиг.1-3. На фиг.1 показана схема однослойного оптического поляризатора по изобретению отражательного типа. На фиг.2 схематично представлены виды зависимостей показателя преломления слоев в оптических поляризаторах от длины волны света. На фиг.3 показана схема многослойного оптического поляризатора по изобретению.

На фиг.1 показана схема однослойного оптического поляризатора по изобретению отражательного типа, включающего анизотропно поглощающий двулучепреломляющий слой 1, отличающегося тем, что оба его показателя преломления (необыкновенный  $n_e$  и обыкновенный  $n_o$ ) пропорциональны длине волны поляризуемого света. В простейшем

варианте слой 1 граничит с двух сторон с воздухом. В более сложных вариантах на одну его сторону дополнительно нанесено светоотражающее покрытие. Слой 1 может быть нанесен также на подложку, например из прозрачного стекла (показана на фиг.1 пунктиром).

Работу предлагаемого оптического поляризатора отражательного типа можно пояснить следующим образом. Неполаризованный свет состоит из двух линейно поляризованных компонент 2 и 3, плоскости поляризации которых взаимно перпендикулярны (эти две компоненты условно разнесены на фиг.1 для наглядности и лучшего понимания). Компонента 2, поляризованная параллельно оптической оси анизотропно поглощающего двулучепреломляющего слоя 1, частично отражается от границы слоя 1, образуя луч 4. Частичное отражение света от границы раздела слоя 1 и среды происходит за счет скачка (разницы) показателей преломления на этой границе. Для частичного отражения света может быть использовано также дополнительно нанесенное на слой 1 светоотражающее покрытие. Другая часть энергии компоненты 2, проходя через анизотропно поглощающий двулучепреломляющий слой 1, отражается от второй границы слоя 1, и проходит еще раз слой 1, образуя луч 5. Отраженные лучи 4 и 5 поляризованы так же, как и входящая компонента 2.

Толщина слоя 1 выбирается такой, чтобы оптическая разность хода  $\Delta_e$  для лучей 4 и 5, соответствующая большему показателю преломления  $n_e$ , составляла нечетное число полуволин поляризуемого света,  $\Delta_e = \lambda/2 + m \lambda$ , где  $\lambda$  - длина волны света,  $m$  - порядок интерференции. Если среды с обеих сторон слоя 1 прозрачные (непоглощающие) и имеют показатели преломления меньшие, чем показатели преломления слоя 1, то оптическая разность хода  $\Delta_e = 2dn_e + \lambda/2$ , где  $d$  - толщина слоя 1, а величина  $\lambda/2$  - скачок фазы при отражении от первой границы как от оптически более плотной среды. В этом случае результатом интерференции лучей 4 и 5 является их взаимное ослабление, и в оптимальном варианте их полное гашение. Полное гашение лучей 4 и 5 достигается, если интенсивности (амплитуды) лучей 4 и 5 одинаковы или близки по величине, что может быть достигнуто оптимальным подбором коэффициентов отражения от границ слоя 1, например за счет дополнительно нанесенного светоотражающего покрытия. Светоотражающее покрытие может быть выполнено металлическим или диэлектрическим и быть однослойным или многослойным. При выполнении условия

пропорциональности необыкновенного показателя преломления анизотропно поглощающего двулучепреломляющего слоя 1 длине волны света ( $n_e \sim \lambda$ ) равенство  $\Delta_e = 2dn_e + \lambda/2 = \lambda/2 + m\lambda$  выполняется для всего диапазона рабочих длин волн света, что обеспечивает высокие поляризационные характеристики в широкой спектральной области.

Другая линейно поляризованная компонента 3, которая поляризована перпендикулярно оптической оси анизотропно поглощающего двулучепреломляющего слоя 1, частично отражается от первой границы слоя 1, образуя луч 6. Другая часть энергии компоненты 3, проходя через слой 1, отражается от второй границы слоя 1, проходит еще раз слой 1, образуя луч 7. Отраженные лучи 6 и 7 поляризованы так же, как и входящая компонента 3. Результатом интерференции лучей 6 и 7 является их взаимное усиление, т.е. интерференционный максимум, т.к. оптическая разность хода между ними  $\Delta_o$ , соответствующая обыкновенному (меньшему) показателю преломления  $n_o$ , составляет целое число длин волн  $\Delta_o = 2dn_o + \lambda/2 = m\lambda$  (скачок фазы  $\lambda/2$  при отражении луча 6 от первой границы слоя 1 для этой компоненты также происходит). При выполнении условия пропорциональности обыкновенного показателя преломления анизотропно поглощающего двулучепреломляющего слоя 1 длине волны света ( $n_o \sim \lambda$ ) условие интерференционного максимума  $\Delta_o = 2dn_o + \lambda/2 = m\lambda$  также выполняется для всего диапазона рабочих длин волн света, что означает устранение спектральной зависимости поляризационных характеристик оптического поляризатора

Таким образом, в широкой области спектра в результате интерференции суммарное отражение компоненты 2, поляризованной параллельно быстрой оси слоя 1 двулучепреломляющего материала значительно меньше, чем отражение компоненты 3, поляризованной перпендикулярно быстрой оси слоя 1.

Возможна реализация и обратной ситуации, когда в результате интерференции суммарное отражение компоненты 2, поляризованной параллельно оптической оси слоя двулучепреломляющего материала 1 значительно больше, чем отражение компоненты 3, поляризованной перпендикулярно оптической оси слоя 1. Эта ситуация имеет место, когда толщина слоя 1 выбирается такой, чтобы оптическая разность хода  $\Delta_e$  для лучей 4 и 5, соответствующая необыкновенному (большему) показателю преломления  $n_e$ , составляла четное число полуволн поляризуемого света  $\Delta_e = m\lambda$ . В этом случае



результатом интерференции лучей 4 и 5 является интерференционный максимум, т.е. их взаимное усиление. В то же время оптическая разность хода  $\Delta_0$  для лучей 6 и 7, соответствующая обыкновенному (меньшему) показателю преломления  $n_0$ , составляет нечетное число полуволн поляризуемого света  $\Delta_0 = \lambda/2 + m\lambda$ . В этом случае результатом интерференции лучей 9 и 10 является интерференционный минимум, т.е. их взаимное ослабление. Теперь в результате интерференции суммарное отражение компоненты 2, поляризованной параллельно оптической оси слоя 1 двулучепреломляющего материала значительно больше, чем отражение компоненты 3, поляризованной перпендикулярно оптической оси слоя 1 двулучепреломляющего материала.

На фиг.2 схематично представлены зависимости показателя преломления слоев в оптических поляризаторах от длины волны видимого света, т.е. в области 400-700 нанометров. Кривая 1 соответствует оптическому поляризатору по прототипу, в котором показатель преломления слоев убывает при увеличении длины волны света. Такая зависимость в оптике называется нормальной дисперсией и свойственна прозрачным материалам. Кривая 2 соответствует оптическому поляризатору по изобретению, в котором по крайней мере один показатель преломления слоев возрастает при увеличении длины волны света. Такая зависимость в оптике называется аномальной дисперсией и для получения такой зависимости оптический поляризатор должен быть специальным образом сконструирован. Эксперименты и расчеты показали, что предпочтительным для этого является оптический поляризатор, отличающийся тем, что по крайней мере один анизотропно поглощающий двулучепреломляющий слой имеет максимальный показатель поглощения не менее 0,1 в диапазоне рабочих длин волн. Здесь, как и в оптике, показатель поглощения изготовленного слоя  $k$  определяется (см. также ГОСТ 7601-78) как коэффициент при мнимой части в комплексном показателе преломления изготовленного слоя материала  $Z = n - ik$ . Кривая 3 соответствует предпочтительному варианту оптического поляризатора по изобретению, отличающемуся тем, что по крайней мере один анизотропно поглощающий двулучепреломляющий слой имеет по крайней мере один показатель преломления, прямо пропорциональный длине волны поляризуемого света по крайней мере в некотором диапазоне из рабочих длин волн. Прямая пропорциональность показателя преломления длине волны света является более строгим требованием (условием), чем простое возрастание показателя преломления при

увеличении длины волны света. Высокие поляризационные характеристики в широкой спектральной области обеспечиваются в оптическом поляризаторе, отличающимся тем, что показатель преломления возрастает при увеличении длины волны поляризуемого света как в некотором диапазоне из рабочих длин волн, так и при всех рабочих длинах волн.

На фиг.3 показана схема многослойного оптического поляризатора по изобретению, включающего 4 анизотропно поглощающих двулучепреломляющих слоя 1, отличающегося тем, что необыкновенный показатель преломления  $n_e$  этих слоев возрастает при увеличении длины волны поляризуемого света. Указанные слои 1 нанесены, чередуясь со четырьмя слоями 8 оптически изотропного материала, причем обыкновенный показатель преломления  $n_o$  двулучепреломляющего материала совпадает или максимально близок с показателем преломления  $n_i$  оптически изотропного материала. Анизотропно поглощающие двулучепреломляющие слои 1 могут быть выполнены одинаковыми или из разных материалов, отличающихся, например, спектральными диапазонами, в которых необыкновенный показатель преломления  $n_e$  возрастает при увеличении длины волны.

Работу предлагаемого оптического поляризатора можно пояснить следующим образом. Неполаризованный свет состоит из двух линейно-поляризованных компонент 2 и 3, плоскости поляризации которых взаимно перпендикулярны (эти две компоненты условно разнесены на фиг.3 для наглядности и лучшего понимания). Компонента 2, поляризованная параллельно оптической оси анизотропно поглощающих двулучепреломляющих слоев 1, частично отражается от границ слоев 1 и оптически изотропных слоев 8, образуя лучи 4. Отраженные лучи 4 поляризованы так же, как и входящая компонента 2.

Толщина слоев 1 выбирается такой, что результатом интерференции всех лучей 4 является интерференционный максимум, т.е. их взаимное усиление. Коэффициент отражения при этом достигает 98% - 99,9%, что означает, что линейно-поляризованная компонента 2 практически полностью отражается от оптического поляризатора, образуя луч 9. При выполнении условия более строгого, чем просто возрастание, а именно, условия прямой пропорциональности необыкновенного показателя преломления анизотропно поглощающих двулучепреломляющих слоев 1 длине волны света ( $n_e \sim \lambda$ )

условие интерференционного максимума выполняется для всего диапазона рабочих длин волн света.

Другой компоненте 3 неполяризованного света, линейно поляризованой перпендикулярно оптической оси слоев 1, соответствует обыкновенный показатель преломления  $n_o$  слоев 1, равный показателю преломления  $n_i$  оптически изотропного слоя ( $n_o = n_i$ ). При этом никакого отражения от границ слоев 1 и 8 нет, и линейно поляризованная компонента 3 проходит через многослойный оптический поляризатор полностью, без каких-либо отражений, образуя луч 10. Отражение компоненты 3 от внешних поверхностей оптического поляризатора может быть устранено обычным способом "просветления", т.е. нанесением на внешние поверхности оптически изотропных слоев с оптической толщиной в четверть длины волны и показателем преломления равным  $n_o^{1/2}$ .

В результате неполяризованный свет при падении на многослойный оптический поляризатор разделяется на две части и превращается в линейно поляризованный луч 9, проходящий через оптический поляризатор, и ортогонально поляризованный луч 10, отраженный от оптического поляризатора.

Описанные примеры не ограничивают возможные варианты конкретного выполнения предлагаемого оптического поляризатора.

Таким образом, во всех приведенных примерах обеспечиваются высокие поляризационные характеристики оптического поляризатора в широкой спектральной области, при использовании количества слоев не более 10.

### Формула изобретения.

1. Оптический поляризатор, включающий по крайней мере один двулучепреломляющий слой с толщиной, при которой реализуется интерференционный экстремум на выходе оптического поляризатора по крайней мере для одной линейно-поляризованной компоненты света, отличающийся тем, что по крайней мере один двулучепреломляющий слой является анизотропно поглощающим и имеет по крайней мере один показатель преломления, возрастающий при увеличении длины волны поляризуемого света по крайней мере в некотором диапазоне из рабочих длин волн.
2. Оптический поляризатор по п.1, отличающийся тем, что по крайней мере один анизотропно поглощающий двулучепреломляющий слой изготовлен из материала, выбранного из числа низкомолекулярных термотропных жидкокристаллических веществ или их смесей, представляющих собой дихроичные красители или содержащих в качестве компоненты жидкокристаллические и/или нежидкокристаллические дихроичные красители.
3. Оптический поляризатор по п.1, отличающийся тем, что по крайней мере один анизотропно поглощающий двулучепреломляющий слой изготовлен из материала, выбранного из числа полимерных термотропных жидкокристаллических или нежидкокристаллических веществ или их смесей, содержащих растворенные в массе и/или химически связанные с полимерной цепью дихроичные красители, и имеет толщину менее 0,2 мкм.
4. Оптический поляризатор по п.1, отличающийся тем, что по крайней мере один анизотропно поглощающий двулучепреломляющий слой представляет собой ориентированную пленку нежидкокристаллических полимерных материалов с регулируемой степенью гидрофильности, окрашенных дихроичными красителями и/или соединениями иода.
5. Оптический поляризатор по п.1, отличающийся тем, что по крайней мере один анизотропно поглощающий двулучепреломляющий слой сформирован из дихроичных органических красителей полимерного строения.
6. Оптический поляризатор по п.1, отличающийся тем, что по крайней мере один анизотропно поглощающий двулучепреломляющий слой представляет собой

ориентированный молекулярно упорядоченный слой органических солей дихроичных анионных красителей.

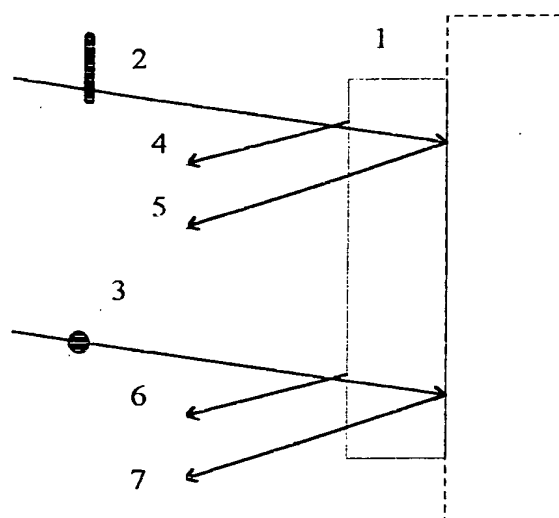
7. Оптический поляризатор по п.1, отличающийся тем, что по крайней мере один анизотропно поглощающий двулучепреломляющий слой представляет собой ориентированный молекулярно упорядоченный слой толщиной менее 0.1 мкм дихроичных красителей, способных к образованию лиотропной жидкокристаллической фазы.
8. Оптический поляризатор по п.7, отличающийся тем, что по крайней мере один анизотропно поглощающий двулучепреломляющий слой представляет собой ориентированный молекулярно упорядоченный слой дихроичных органических красителей полимерного строения.
9. Оптический поляризатор по п.7, отличающийся тем, что по крайней мере один анизотропно поглощающий двулучепреломляющий слой представляет собой ориентированный молекулярно упорядоченный слой дихроичных красителей или их смесей, способных к образованию стабильной лиотропной жидкокристаллической фазы.
10. Оптический поляризатор по п.1, отличающийся тем, что по крайней мере один анизотропно поглощающий двулучепреломляющий слой имеет по крайней мере один показатель преломления, прямо пропорциональный длине волны поляризуемого света по крайней мере в некотором диапазоне из рабочих длин волн.
11. Оптический поляризатор по п.1, отличающийся тем, что по крайней мере один анизотропно поглощающий двулучепреломляющий слой имеет максимальную величину по крайней мере одного показателя преломления не менее 1,9.
12. Оптический поляризатор по п.1, отличающийся тем, что по крайней мере один анизотропно поглощающий двулучепреломляющий слой имеет максимальный показатель поглощения не менее 0,1 в диапазоне рабочих длин волн.
13. Оптический поляризатор по п.1, отличающийся тем, что толщины анизотропно поглощающих двулучепреломляющих слоев выбираются из условия получения на выходе оптического поляризатора интерференционного минимума для одной линейно-поляризованной компоненты света и, одновременно, интерференционного максимума для другой ортогональной линейно-поляризованной компоненты света.
14. Оптический поляризатор по п.1, отличающийся тем, что он содержит по крайней мере два слоя, по крайней мере один из которых анизотропно поглощающий

двулучепреломляющий слой, а другой слой оптически изотропный, причем один показатель преломления двулучепреломляющего слоя максимально отличается от показателя преломления оптически изотропного слоя, а другой показатель преломления анизотропно поглощающего двулучепреломляющего слоя совпадает или максимально близок с показателем преломления оптически изотропного слоя.

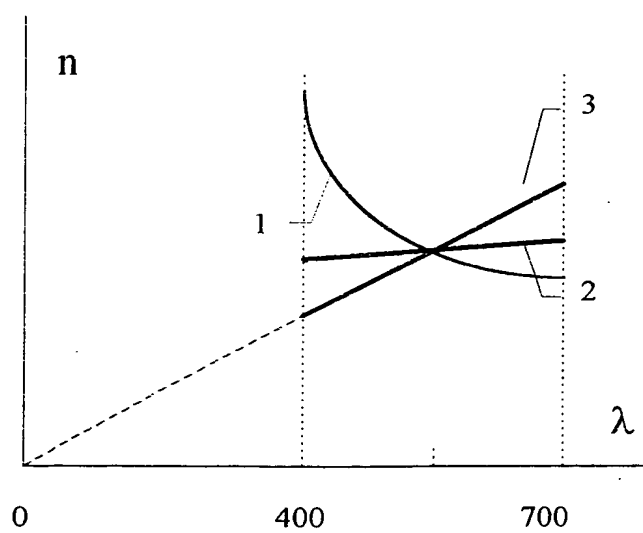
15. Оптический поляризатор по п.1, отличающийся тем, что он содержит по крайней мере два различных двулучепреломляющих слоя, по крайней мере один из которых анизотропно поглощающий двулучепреломляющий слой, причем один показатель преломления анизотропно поглощающего двулучепреломляющего слоя максимально отличается от одного показателя преломления другого двулучепреломляющего слоя, а другой показатель преломления анизотропно поглощающего двулучепреломляющего слоя совпадает или максимально близок с другим показателем преломления другого двулучепреломляющего слоя.
16. Оптический поляризатор по п.1, отличающийся тем, что на одну его сторону дополнительно нанесено светоотражающее покрытие.
17. Оптический поляризатор по п.16, отличающийся тем, что светоотражающее покрытие выполнено металлическим.

Источники информации, принятые во внимание при составлении заявки.

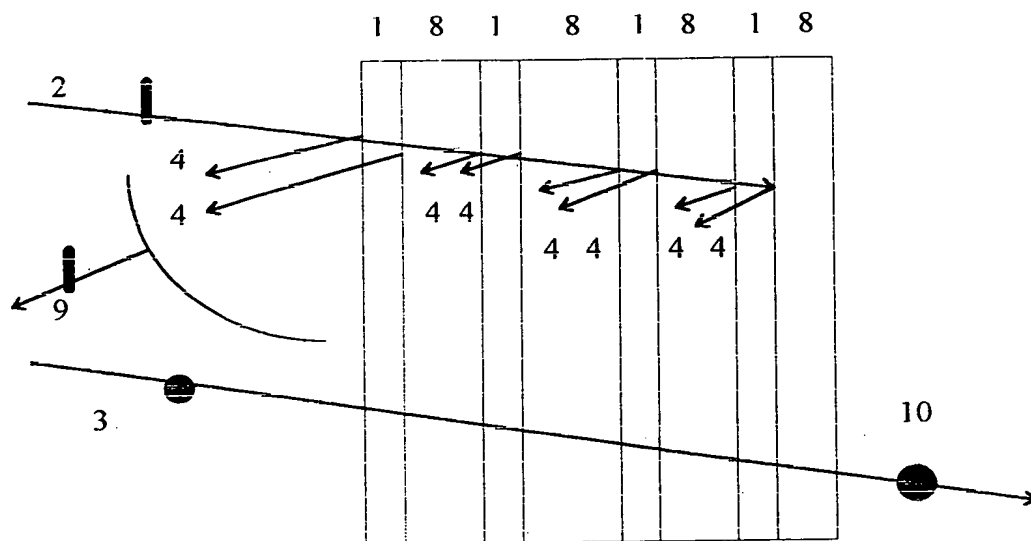
1. Патент США 5,007,942, кл. G 02 В 5/30, опубл. 1991
2. Заявка PCT WO 94/ 28073, кл. С 09В 31/147, опубл. 1994
3. Заявка PCT WO 95/17691, кл. G 02В 5/30, опубл. 1995 - прототип
4. Патент США 2, 524, 286, кл. 350-155. опубл. 1950



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



## РЕФЕРАТ

Изобретение относится к оптике, а именно к оптическим поляризаторам, которые могут быть использованы в жидкокристаллических дисплеях, в поляризационных очках, в автомобилях и других средствах передвижения, а также в стеклах для строительства, в осветительной аппаратуре, в оптическом приборостроении.

Предлагается оптический поляризатор, включающий по крайней мере один двулучепреломляющий слой с толщиной, при которой реализуется интерференционный экстремум на выходе оптического поляризатора по крайней мере для одной линейно-поляризованной компоненты света, отличающийся тем, что по крайней мере один двулучепреломляющий слой является анизотропно поглощающим и имеет по крайней мере один показатель преломления, возрастающий при увеличении длины волны поляризуемого света по крайней мере в некотором диапазоне из рабочих длин волн, при этом толщины анизотропно поглощающих двулучепреломляющих слоев выбираются из условия получения на выходе оптического поляризатора интерференционного минимума для одной линейно-поляризованной компоненты света и, одновременно, интерференционного максимума для другой ортогональной линейно-поляризованной компоненты света.

Результатом изобретения является обеспечение высоких поляризационных характеристик оптического поляризатора в широкой спектральной области при использовании количества слоев не более 10.

16 з.п.ф-лы, 3 илл.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**